

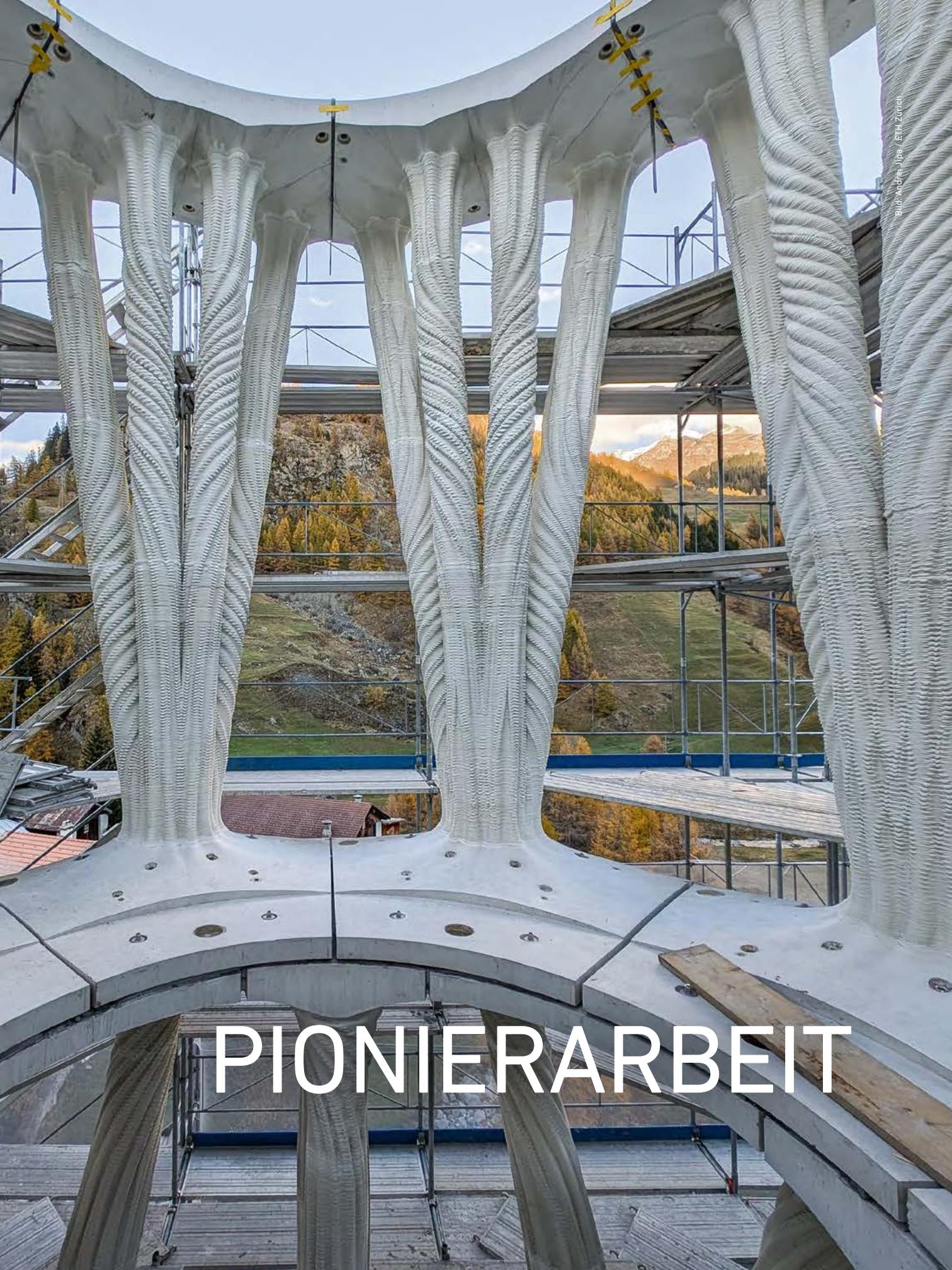
Innovativer Rollstuhl mit Rückenlehne als Steuerrad 8 Tor Alva:
Pionierbau aus dem 3D-Drucker 40 Alumnus Philippe Kahn im Porträt 45

GLOBE

NR.
1/2025

FOKUS

Vertraust
du mir?



PIONIERARBEIT

REPORTAGE | Die ETH Zürich fertigt den höchsten 3D-gedruckten Bau der Welt. Mit dem weissen Turm in Mulegns wollen die Forschenden Innovationen in Richtung Marktreife bringen.

TEXT Stéphanie Hegelbach

ETH HÖNGGERBERG, 29. JANUAR 2024 Es ist kühl und leicht staubig in der Halle für roboterbasierte Fabrikation. Forscher Che Wei Lin vergewissert sich, dass das gelbe Schalungsbrett an der richtigen Stelle liegt. Dann gibt er Forschungsleiterin Ana Anton das Zeichen. Die Steuerung schon in der Hand, startet sie den 3D-Drucker. Es knattert, als der Feinkornbeton zur Düse am Roboterarm gepumpt wird. Leise surrend setzt sich der Roboter in Bewegung und zeichnet gleichmässig die erste Schicht auf die Platte: einen interessanten Grundriss aus zwei verschmolzenen Kreisen mit einer zahnradförmigen Innenschicht. Nach dem feierlichen Druckstart im Beisein der Presse ist heute der erste reguläre Produktionstag des höchsten 3D-gedruckten Bauwerks der Welt.

Benjamin Dillenburger, ETH-Professor für Digitale Bautechnologien, und Architekt Michael Hansmeyer haben den weissen Turm mit dem Namen Tor Alva in Zusammenarbeit mit den ETH-Professoren Robert J. Flatt und Walter Kaufmann entworfen. Dass es sich hier nicht um alltägliche Architektur handelt, sieht selbst ein Laie auf den ersten Blick: Die skulpturalen Säulen aus weissem Beton sind verzweigt und einzigartig texturiert. Über vier Stockwerke wird der Tor Alva immer luf-

tiger, die Säulen werden immer schlanker und höher, bis sie sich im finalen Kuppelraum weiter verästeln. Eine strukturelle Herausforderung, welche die Forschenden des ETH-Teams – Timothy Wangler, Alejandro Giraldo Soto, Lukas Gebhard und Ana Anton – gemeinsam mit dem Bauingenieurbüro Konzett Bronzini Partner gelöst haben.

Zu stehen kommt die Weltneuheit nicht in Zürich, sondern im abgelegenen Mulegns auf dem Julierpass. Dort soll sie in Verbindung mit einem Kulturprogramm in der Kuppel des Turms Touristen anlocken und das Dorf wiederbeleben. Denn Mulegns ist vom Aussterben bedroht. Einst trugen die geschickten Bündner Zuckerbäcker, Baumeister und Stuckateure ihr handwerkliches Können um den Globus. Sie brachten Reichtum zurück in die Dörfer, bauten Schulen und Villen. Die Zeit des Wohlstands ist nun vorbei: Weniger als zwanzig Personen leben heute noch in Mulegns. Doch die Stiftung Nova Fundaziun Origen hat das Dorf noch nicht aufgegeben und sich mit der ETH zusammengetan, um mit der Verbindung von Kultur und neusten digitalen Bautechnologien an den Pioniergeist des Bündner Passdorfs zu erinnern.

NEUARTIGE FORMENSPRACHE Nach einer Stunde Druckzeit ist das Säulenelement um einen Meter gewachsen. Nun wird klar, warum der weisse Turm hervorragend zu Mulegns passt: Jede der acht Millimeter hohen Druckschichten quillt leicht hervor und gleicht Zuckerguss aus einem Spritzbeutel. Ab und an legt die Düse einen kleinen Schlenker ein. Der flüssige Beton läuft über den Rand der Säule und erhärtet in einer Tropfenform. Erst nach →

IM

PASSDORF



Bild: Michael Hansmeyer / ETH Zürich

1



Bild: Ana Anton / ETH Zürich

2

2
Für den 3D-Druck der Säulenelemente hat ETH-Professor Robert Flatt einen neuartigen Betonmix entwickelt.

3
Bereit für den Aufbau: Eine fertig gedruckte Säule wird aus der Lagerhalle gebracht.



Bild: Girts Apskatns / ETH Zürich

3

4

Um die Module eines Stockwerks anzuliefern und zu verschrauben, brauchten die Arbeiter bloss einen Tag.



Bild: Michael Hansmeyer / ETH Zürich

mehreren Schichten zeigt sich, dass die Tropfen ein eigenes spiralförmiges Muster bilden. «Wir nutzen die flüssige Eigenschaft des Materials als dekoratives Element», erklärt Hansmeyer. Die zwei sich überlappenden Texturen aus Druckebenen und Tropfen geben der Säule eine stimmige Tiefe – zugleich üppig und schlicht, als wären sie von der Natur entwickelt worden. Die Neuartigkeit hat ihren Ursprung im zugrunde liegenden Design-Algorithmus, der eine Vielzahl an Formen in unterschiedli-

chen Variationen generiert. Was den Architekten dabei in die Hand spielt: Für den Roboter sind komplexe Kurven genauso einfach aufzubauen wie simple Geraden. «Das ermöglicht eine völlig neue Formensprache», sagt Hansmeyer mit leuchtenden Augen. Unikate und massgeschneiderte Bauteile lassen sich mit 3D-Druck plötzlich effizient und kostengünstig herstellen.

Digitale Handwerkskunst nennen Dillenburger und Hansmeyer ihre Architektur. Anders als beim üblichen Betonguss benötigt das additive Fertigungsverfahren keine Schalung und erlaubt es dadurch, die Oberfläche frei zu gestalten. Dazu müssen die Forschenden jedoch nicht nur die Bewegung des Roboters steuern, sondern auch die Eigenschaften des Materials: Der Beton muss weich genug sein, um die gewünschten Ornamente zu bilden, und doch schnell genug aushärten, um die nachfolgenden Schichten zu tragen. Robert Flatt, ETH-Professor für Physikalische Chemie von Baustoffen, hat für den Tor Alva einen neuartigen Betonmix erstellt, der diese Widersprüche verwirklicht. Kurz bevor der Beton die Druckdüse verlässt, werden zwei Zusatzmittel hinzugegeben, die das tropfenförmige Ornament ermöglichen.

AUTOMATISIERTES ARMIEREN Simple ein- bis zweistöckige Häuser aus dem 3D-Drucker sind keine Neuheit. Was den Tor Alva auszeichnet, ist, dass die gedruckten Elemente zum ersten Mal Lasten tragen. Möglich macht dies eine Innovation, die Dillenburgers Gruppe gemeinsam mit Walter Kaufmann und Robert Flatt sowie dem ETH-Spin-off Mesh und der Firma Zindel United entwickelt hat: Während des Druckprozesses legt ein zweiter Roboter alle 26 Zentimeter ringförmige Armierungseisen ins Bauteil ein. Durch diese mitwachsende Armierung lassen sich komplexe, verzweigte Säulen produzieren, die im herkömmlichen Betongussverfahren schwierig umzusetzen wären. «Viertellige Säulen wie in der Kuppelbühne des Tor Alva sind eine Seltenheit», erklärt Lin stolz.

Das ETH-Projekt, das vom Escher Circle der ETH Foundation gefördert wurde, reizt bewusst die Grenzen der additiven Fertigung aus, um herauszufinden, in welchen Bereichen die Vorteile des 3D-Drucks überwiegen. Zur Umsetzung mussten die Forschenden auch in der Statik eigene Wege gehen, denn für die Armierung von tragenden 3D-Druckelementen existieren noch keine geprüften Standards. Walter Kaufmann, ETH-Professor für Baustatik und Konstruktion, hat mit seinem Team ein Bewehrungskonzept sowie ein neues Testverfahren entwickelt, das die heterogenen Eigenschaften der 3D-Druckschichtung berücksichtigt. Zusammen mit Belastungsversuchen an original grossen Stützen kann so die Tragsicherheit des Tor Alva gewährleistet werden. —>

MULEGNS, 30. SEPTEMBER 2024 Alle Blicke richten sich nach oben. Aufgehängt an vier Ketten zieht ein Kranfahrzeug eine weisse Säule in die Luft. Die fliegende Skulptur wirkt ausserirdisch im bodenständigen Alltag von steilen Alpweiden und alten Ställen. Zu stehen kommt sie auf dem Dach der historischen Fuhrhalterei. Das zentral gelegene Gebäude dient als Eingang zum Turm und verschmilzt mit ihm zu einem Bauwerk zwischen Tradition und 21. Jahrhundert. Es ist das vierte und letzte Geschoss, das heute angeliefert und aufgebaut wird. Rund zwei Dutzend schaulustige Passanten und Einheimische haben sich auf die gegenüberliegende Wiese gesetzt, um das Spektakel zu beobachten.

Fünf Monate dauerte es, die insgesamt 124 Bauteile an der ETH zu drucken. Anschliessend wurden die zwei Meter hohen Säulenabschnitte in einer Lagerhalle in Savognin mit vertikalen Armierungseisen zu den fertigen Säulen verbunden. Basen und Kapitelle der Säulen wurden zwar aus Beton gegossen, jedoch in einer neuartigen 3D-gedruckten Schalung des ETH-Spin-offs Saeki. Diese horizontalen Elemente enthalten alle Anschlüsse, um die Bauteile zum dreissig Meter hohen Turm zu verbinden. Fingerspitzengefühl ist gefragt, damit die Anschlüsse genau aufeinander zu liegen kommen. Doch der Aufbau geht unerwartet schnell: Bloss einen Tag dauerte es, um die Module eines Stockwerks anzuliefern und zu verschrauben. «Wir

testen hiermit eine zirkuläre Bauweise», erklärt Dillenburger. Nach den geplanten fünf Jahren Standzeit kann der Turm demontiert und an einem anderen Ort wieder aufgebaut werden.

WER WAGT, GEWINNT Dass in Zukunft alle Häuser aus dem 3D-Drucker kommen, glaubt Dillenburger nicht. Doch in vielen Fällen könnten 3D-Druck oder andere Formen der Automatisierung eine ökonomischere Lösung bieten als der traditionelle Betonguss, meint er. Dadurch, dass das Extrusionsverfahren speziell Beton dort auftragen kann, wo er benötigt wird, können erhebliche Mengen an Material eingespart werden. Das automatisierte Fertigungsverfahren könnte zudem eine Antwort auf den weltweiten Mangel an Fachkräften liefern.

«Damit sich Innovationen in der Baubranche durchsetzen, braucht es jedoch Erfahrungen, wie sie im grossen Massstab und über einen langen Zeitraum funktionieren», erklärt Forschungsleiterin Anton. Deshalb sind gewagte Projekte wie der Tor Alva, die das Risiko eingehen, neue Technologien im Bauingenieurwesen und der Architektur zu testen, unerlässlich. Im Mai 2025 wird der weisse Turm eröffnet und trägt hoffentlich die digitale Handwerkskunst von Mulegns in die Welt hinaus wie einst die Bündner Zuckerbäcker und Baumeister ihr Wissen. ○



Bild: Michele Limina / NZZ

ETH-Professor Benjamin Dillenburger (l.) zusammen mit den Forschenden Ana Anton, Che Wei Lin und Timothy Wangler im Robotic Fabrication Lab der ETH Zürich.